

## OPTICAL AMPLIFICATION METHOD AND OPTICAL AMPLIFIER

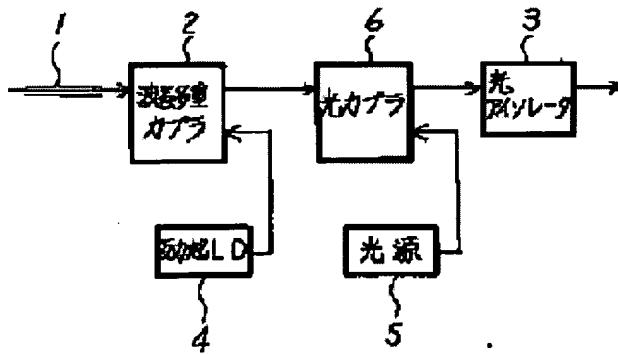
**Patent number:** JP9236836  
**Publication date:** 1997-09-09  
**Inventor:** YONEYAMA KENICHI; DOGE YUKIO  
**Applicant:** NIPPON ELECTRIC CO  
**Classification:**  
 - international: G02F1/35; H01S3/10; H04B10/16; H04B10/17;  
 G02F1/35; H01S3/10; H04B10/16; H04B10/17; (IPC1-7): G02F1/35; H04B10/16; H04B10/17  
 - european:  
**Application number:** JP19960039574 19960227  
**Priority number(s):** JP19960039574 19960227; JP19950341776 19951227

[Report a data error here](#)

### Abstract of JP9236836

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To prevent the occurrence of an optical surge and to avoid damaging optical parts and various kinds of devices by introducing light which induces induced emission, separately from signal light, into an optical amplifier medium, thereby preventing the accumulation of large exciting energy during the time of a nonsignal state.

**SOLUTION:** The optical amplifier medium 1 is an optical fiber added with erbium and the exciting light to excite the erbium is made incident at all times via a wavelength multiplex coupler 2 from an exciting LD module 4. Further, an optical coupler 6 is connected to the signal light output port of this wavelength multiplex coupler 2. The light of the wavelength  $\lambda_2$  different from a signal light wavelength  $\lambda_1$  from a light shielding 5 is introduced via the optical coupler 6 and the wavelength multiplex coupler 2 to the optical amplifier medium 1 in the reverse direction from the signal light. Then, the induced emission is so executed as to amplify the light of the wavelength  $\lambda_2$  in the optical amplifier medium 1 even during the time the signal light is not made incident. The exciting energy is thus consumed. The accumulation of the large exciting energy in the optical amplifier medium 1 is thus averted.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**This Page Blank (uspto)**

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-236836

(43) 公開日 平成9年(1997)9月9日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
G 02 F 1/35  
H 04 B 10/17  
10/16

識別記号 501  
府内整理番号

F I  
G 02 F 1/35  
H 04 B 9/00

技術表示箇所  
501  
J

審査請求 有 請求項の数28 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平8-39574  
(22) 出願日 平成8年(1996)2月27日  
(31) 優先権主張番号 特願平7-341776  
(32) 優先日 平7(1995)12月27日  
(33) 優先権主張国 日本 (JP)

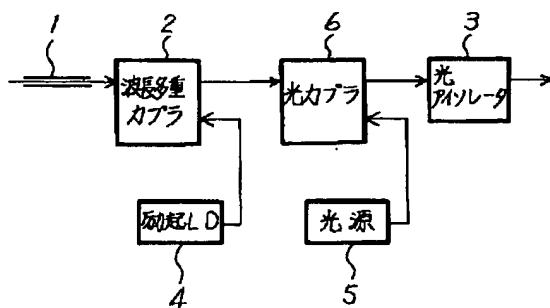
(71) 出願人 000004237  
日本電気株式会社  
東京都港区芝五丁目7番1号  
(72) 発明者 米山 寧一  
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内  
(72) 発明者 道下 幸雄  
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内  
(74) 代理人 弁理士 京本 直樹 (外2名)

(54) 【発明の名称】 光増幅方法および光増幅器

(57) 【要約】

【課題】誘導放出により信号光を増幅する光増幅器は、信号光が入射しない状態(無信号状態)になると、エネルギーが消費されず平衡状態の場合に比べてはるかに大きなエネルギーが光増幅媒体に蓄えられる。このような無信号状態の光増幅媒体に信号光が入射すると、光増幅媒体から大きなパワーの信号光が出力し、光増幅器を構成する光部品や出力側に接続される各種装置に損傷を与える原因となる。

【解決手段】信号光とは別に、光ファイバに希土類元素を添加した光増幅媒体1において誘導放出を生じさせる波長の光を該光増幅媒体1へ導入する。この結果、無信号状態でも誘導放出が生じ、大きなエネルギーが光増幅媒体1に蓄えられることなく光サージを防止できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】信号光とは別の、光增幅媒体において誘導放出を生じさせる光を、該光增幅媒体へ導入することを特徴とする光増幅方法。

【請求項2】光增幅媒体へ導入する光は固有の光源から発生した光である請求項1に記載の光増幅方法。

【請求項3】光增幅媒体へ導入する光は該光增幅媒体から発生した自然放出光である請求項1に記載の光増幅方法。

【請求項4】光增幅媒体から発生した自然放出光を、該光增幅媒体の自然放出光に対する利得より大きく減衰させて、当該光增幅媒体に導入する請求項3に記載の光増幅方法。

【請求項5】光增幅媒体において誘導放出を生じせる光を信号光と逆向きに光增幅媒体へ導入する請求項1、2、3または4に記載の光増幅方法。

【請求項6】光增幅媒体において誘導放出を生じせる光を信号光と同じ向きに光增幅媒体へ導入する請求項1、2、3、または4に記載の光増幅方法。

【請求項7】光增幅媒体において誘導放出を生じせる光は信号光と異なる波長である請求項1、2、3、4、5または6に記載の光増幅方法。

【請求項8】光增幅媒体において誘導放出を生じせる光を信号光の有無かわらず常に光增幅媒体へ導入する請求項1、2、3、4、5、6または7に記載の光増幅方法。

【請求項9】信号光の断状態を検知した後、光增幅媒体において誘導放出を生じせる光を該光增幅媒体に導入する請求項1、2、5、6または7に記載の光増幅方法。

【請求項10】光增幅媒体と、光增幅媒体を励起する励起光を発生する励起光源と、励起光を光增幅媒体に導入させる第1の光結合手段とを備えた光増幅器において、光增幅媒体において誘導放出を生じせる波長の光を発生する光源と、この光を光增幅媒体へ導入する第2の光結合手段を備えたことを特徴とする光増幅器。

【請求項11】第2の光結合手段は誘導放出を生じせる波長の光を信号光と逆向きに光增幅媒体に入射するように配置されている請求項10に記載の光増幅器。

【請求項12】第2の光結合手段は誘導放出を生じせる波長の光を信号光と同じ向きに光增幅媒体に入射するように配置されている請求項10に記載の光増幅器。

【請求項13】信号光のみを透過させるフィルタを光增幅媒体の信号光出力側に備えている請求項12に記載の光増幅器。

【請求項14】信号光の断状態を検知した後、光增幅媒体において誘導放出を生じせる波長の光を発生させる手段を備えた請求項10に記載の光増幅器。

【請求項15】光增幅媒体と、光增幅媒体を励起する励起光を発生する励起光源と、励起光を光增幅媒体に導入

させる第1の光結合手段とを備えた光増幅器において、光增幅媒体から発生した自然放出光を分岐出力する光分岐手段と、前記光分岐手段により分岐された自然放出光を再び前記光增幅媒体に導入させる第2の光結合手段とを備えたことを特徴とする光増幅器。

【請求項16】光分岐手段を光增幅媒体の信号光入力側に配置し、第2の光結合手段を光增幅媒体の信号光出力側に配置した請求項15に記載の光増幅器。

【請求項17】光分岐手段を光增幅媒体の信号光出力側に配置し、第2の光結合手段を光增幅媒体の信号光入力側に配置した請求項15、または16に記載の光増幅器。

【請求項18】光分岐手段と第2の光結合手段の間に、信号光の波長帯域を減衰させるフィルタを配置した請求項17に記載の光増幅器。

【請求項19】光分岐手段と第2の光結合手段の間に、光減衰手段を配置した請求項15、16、17、または18に記載の光増幅器。

【請求項20】光分岐手段と第2の光結合手段の間に、自然放出光を所定の向きに通す光方向性結合手段を配置した請求項15、16、17、18、または19に記載の光増幅器。

【請求項21】光增幅媒体と、光增幅媒体を励起する励起光を発生する励起光源と、励起光を光增幅媒体に導入させる第1の光結合手段とを備えた光増幅器において、光增幅媒体から発生した自然放出光を分岐出し、かつ該分岐した自然放出光を再び前記光增幅媒体に導入させる光合分波手段を備えたことを特徴とする光増幅器。

【請求項22】光合分波手段は光增幅媒体の信号光入力側に配置する請求項21に記載の光増幅器。

【請求項23】光合分波手段は光增幅媒体の信号光出力側に配置する請求項21に記載の光増幅器。

【請求項24】光合分波手段により分岐した自然放出光を所定の向きに通す光方向性結合手段を配置した請求項21、22、または23に記載の光増幅器。

【請求項25】光合分波手段により分岐した自然放出光を反射する光反射器を備えた請求項21、22、または23に記載の光増幅器。

【請求項26】光合分波手段により分岐した自然放出光が通る経路に信号光の波長帯域をカットするフィルタを配置した請求項21、22、23、24または25に記載の光増幅器。

【請求項27】光增幅媒体と、光增幅媒体を励起する励起光を発生する励起光源と、励起光を光增幅媒体に導入させる第1の光結合手段とを備えた光増幅器において、光增幅媒体の信号光入力側または出力側に、光增幅媒体から発生する自然放出光を反射し、信号光を透過させる波長選択性反射手段を備えたことを特徴とする光増幅器。

【請求項28】波長選択性透過反射手段は光ファイバグ

レーティングである請求項27に記載の光増幅器。

【発明の詳細な説明】

【発明の属する技術分野】本発明は、光増幅媒体を励起しその誘導放出により信号光を増幅する光増幅方法と光増幅器に関し、特に、光サージの発生を抑制し光部品の損傷を防ぐ光増幅方法、および光増幅器に関する。

【0001】

【従来の技術】近年、光ファイバ中に希土類元素を添加し、励起光によりこの希土類元素を励起させ、その誘導放出によって信号光を増幅する光増幅器が開発され、実用化されようとしている。図9に従来のエルビウム添加光ファイバ増幅器の構成例を示す。レーザダイオードを用いた励起光源4からの励起光を波長多重カプラ2を介して、光増幅媒体1であるエルビウムを添加した光ファイバに導入している。励起光は光増幅媒体1中のエルビウムを励起させ、励起したエルビウムの誘導放出により信号光が増幅される。この光中継器の信号光出力側には、増幅された信号光が他の装置や光ファイバから反射して戻ってくるのを防ぐため光アイソレータ3が設けられている。

【0002】エルビウム添加光ファイバ増幅器の場合、信号光の波長は1.55ミクロン帯であり、励起光の波長は0.98ミクロン帯または1.48ミクロン帯である。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】誘導放出により信号光を増幅する光増幅器は、信号光が入射している状態では励起光により蓄えられるエネルギーと誘導放出により信号光を増幅するために消費されるエネルギーとがつりあって平衡状態にある。しかし、信号光が入射しない状態（無信号状態）になると、エネルギーが消費されず上記平衡状態の場合に比べてはるかに大きなエネルギーが光増幅媒体に蓄えられる。

【0004】このような無信号状態の光増幅媒体に再び信号光が入射すると、蓄積されていた大きなエネルギーが一度に誘導放出に使われるため、エネルギー分布が平衡状態に達するまでの間光増幅媒体から大きなパワーの信号光が放出する。この大パワーの光はパレス形状をしており、光サージと呼ばれる。この光サージは高エネルギーを有しており、光増幅器を構成する光部品や出力側に接続される各種装置に損傷を与える原因となる。

【0005】光増幅器の高出力パワーによる光部品の損傷を予防する方法として、特開平5-63653号公報には出力パワーをモニタしてその出力パワーを低減する制御を行う方法が開示されている。しかし、この方法では過渡的に発生する光サージを予防することはできない。

【0006】本発明の目的は、光サージの発生を抑制し、光部品の損傷を防ぐことのできる光増幅方法、および光増幅器を提供するものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の光増幅方法は、光増幅媒体を励起し誘導放出により信号光を増幅する光増幅方法であって、信号光とは別に、光増幅媒体において誘導放出を生じさせる波長の光を該光増幅媒体へ導入する方法である。

【0008】この場合、誘導放出を生じさせる波長の光は、固有の光源から発生した光、または光増幅媒体において発生する自然放出光を利用できる。この光は、信号光と同じ向き、または反対の向きで光増幅媒体へ導入させることができることを望ましい。

【0009】光増幅媒体から発生した自然放出光は、光増幅媒体の自然放出光に対する利得より大きく減衰させて、当該光増幅媒体に導入することができる。

【0010】また本発明の光増幅器は、光増幅媒体と、光増幅媒体を励起する励起光を発生する励起光源と、励起光を光増幅媒体に導入させる第1の光結合手段とを備え、さらに光増幅媒体で誘導放出を生じさせる波長の光を発生する光源と、この光を光増幅媒体へ導入する第2の光結合手段を備えて構成される。

【0011】ここで、誘導放出を生じさせる波長の光を光ファイバへ導入する場合の光の向き、導入個所は様々に選択できる。

【0012】光増幅器の他の発明としては、光増幅媒体と、光増幅媒体を励起する励起光を発生する励起光源と、励起光を光増幅媒体に導入させる第1の光結合手段とを備え、光増幅媒体から発生した自然放出光を分岐出力する光分岐手段と、前記光分岐手段により分岐された自然放出光を再び前記光増幅媒体に導入させる第2の光結合手段とを備えている。

【0013】この光増幅器では、1つの光合分波手段により、光増幅媒体から発生した自然放出光を分岐出し、分岐された自然放出光を再び前記光増幅媒体に導入させる構成とすることもできる。

【0014】また、光増幅器の他の発明は、光増幅媒体と、光増幅媒体を励起する励起光を発生する励起光源と、励起光を光増幅媒体に導入させる第1の光結合手段とを備え、光増幅媒体から発生する自然放出光を反射し信号光を透過させる波長選択型透過反射手段を配置して自然放出光を光増幅媒体に導入させる構成とができる。

【0015】

【発明の実施の形態】本発明の光増幅方法として、まず信号光とは別の光を光増幅媒体に導入し、該光増幅媒体において誘導放出を生じさせる方法がある。信号光波長が1.55ミクロン、光増幅媒体がエルビウム添加光ファイバの場合、エルビウムを励起する1.48ミクロンの励起光源とは別に、例えば1.52ミクロンから1.58ミクロン程度の光増幅媒体において誘導放出を生じさせる光を発生させる光源を設ける。この光源から

の光を光増幅媒体に導入することにより、この光増幅媒体では信号光が入射しない間でも上記波長の光を増幅するように誘導放出が行われ励起エネルギーが消費される。このため光増幅媒体に大きな励起エネルギーが蓄積されることはなく、無信号状態の後に信号光が入射したときに光サージの発生を抑えることができる。

【0016】上記光源から光増幅媒体に導入する光は、信号光と同じ向きでも逆向きでもよい。この光を信号光と逆向きに導入する場合は、波長は信号光と同じであってもよい。また、光増幅媒体に常時導入してもよく、信号光の断を検知してから導入することもできる。

【0017】上記光源の発生する光のパワーは、無信号時に光増幅媒体に蓄えられる励起エネルギー量を最小とするよう最適値が選択される。またこの光源から発生する光により誘導放出が生じ、励起エネルギーが消費されるので、励起光のパワーも、必要に応じて従来の構成の場合より大きいパワーに調整することができる。これら光源のパワーの設定は光伝送装置を設計する技術者が通常の設計業務の中で行っている事項である。

【0018】他の光増幅方法としては、光増幅媒体に自らの放出する自然放出光を導入する方法がある。信号光波長が1.55ミクロン、光増幅媒体がエルビウム添加光ファイバの場合、光増幅媒体からは、約1.52ミクロンから1.58ミクロンの範囲の自然放出光が出力される。この自然放出光を光増幅媒体に導入すれば、光増幅媒体では、信号光が入射しない間でも自然放出光を増幅するように誘導放出が行われ励起エネルギーが消費される。このため光増幅媒体に大きな励起エネルギーが蓄積されることはなく、無信号状態の後に信号光が入射したときに光サージの発生を抑えることができる。

【0019】自然放出光は光増幅媒体の両側から出射されるので、光増幅媒体のいずれか任意の側から分岐し、これをさらに光増幅媒体のいずれか任意の側から導入することができる。

【0020】自然放出光を分岐してから合波するまでの経路が、光増幅媒体を含むループを形成している場合、ループ発振が生じないように、この経路の損失の総和を光増幅媒体の利得より大きくすることが望ましい。

【0021】次に、図1から図8に本発明の光増幅器の実施例を示す。

【0022】図1において光増幅媒体1はエルビウムを添加した光ファイバである。エルビウムを励起する励起光は1.48ミクロンの波長であり、励起LD(レーザダイオード)モジュール4から波長多重カプラ2を介して、光増幅媒体1へ信号光出力側から常時入射している。さらに波長多重カプラ2の信号光出力ポートに光カプラ6を接続し、光源5から信号光波長入1とは異なる波長入2の光を光カプラ6および波長多重カプラ2を介して光増幅媒体1に信号光とは逆向きに導入する。信号光出力側(必要に応じて信号光入力側にも)には、増幅さ

れた信号光が他の装置や光ファイバから反射して戻ってくるのを防ぐため光アイソレータ3を設けることが望ましい。

【0023】ここで、信号光の波長は1.55ミクロン、光源5から出射する光の波長は誘導放出を生じさせる波長として1.52ミクロンから1.58ミクロンの範囲から選択した。また波長多重カプラ2は光源5の発生する波長入2の光を透過する性質のものを選択する必要がある。なお光源5から発生する光は信号光とは互いに異なる波長であることが望ましいが、これらの光は向きが逆であるため、同じ波長であってもよい。信号光と光源5の波長が同じ場合に生じる可能性のある、光の干渉その他の影響は、たとえ発生しても信号光に比べて小さく無視できる。

【0024】図1の構成において、光増幅媒体1であるエルビウム添加光ファイバには、常に光源5の発生する波長入2の光が導入されている。したがって、この光増幅媒体1では、信号光が入射しない間でも波長入2の光を増幅するように誘導放出が行われ励起エネルギーが消費される。このため光増幅媒体1に大きな励起エネルギーが蓄積されることはなく、無信号状態の後に信号光が入射したときに光サージの発生を抑えることができる。

【0025】図2、図3、図4に光増幅器の他の実施例を示す。

【0026】図2は、図1において波長多重カプラ2と光増幅媒体1の配置を変えずに、光カプラ3を光増幅媒体1の信号光入力側に配置し、光源5が発生する波長入2の光を信号光と同じ向きで光増幅媒体1に導入する構成である。このため、光源5が発生する光の波長入2と信号光の波長入1は互いに異なる波長とし、信号光波長入1のみを透過させる光フィルタ7を信号光出力側に配置する。

【0027】図3は、波長多重カプラ2が励起光を信号光と同じ向きで光増幅媒体1に導入させるように構成した例が示されている。一方、光カプラ6は光源5からの光を信号光とは逆向きに光増幅媒体1へ導入するように配置されている。この場合、前述のように、信号光の波長入1と光源5が発生する光の波長入2とは同一でも異なっていてもよい。

【0028】図4は、図3の構成において波長多重カプラ2と光増幅媒体1の配置を変えずに、光カプラ3を波長多重カプラ2の信号光入力側に配置し、光源5から発生する波長入2の光を光カプラ6および波長多重カプラ2を介して光増幅媒体1に導入する。また図1の構成と同じように、波長多重カプラ2は光源5の発生する波長入2の光を透過する性質のものを選択する必要がある。この構成では信号光の波長入1と光源5が発生する光の波長入2とは互いに異なる波長とする。また信号光の波長入1のみを透過する光フィルタ7設置した。

【0029】図2、図3、図4の構成でも、信号光出力

側（必要に応じて信号光入力側も）には、増幅された信号光が他の装置や光ファイバから反射して戻ってくるのを防ぐため光アイソレータ3を設けることが望ましい。

【0030】光源5からの光は、無信号状態に蓄積する励起エネルギーを消費せしめるものである。この光は、通常は常時光増幅媒体1に導入させているが、無信号状態がある程度長い場合は、光信号の断状態を検知してから光源5を発光させてことで光増幅媒体1に蓄積した励起エネルギーを誘導放出させることができる。具体的には、信号光を分岐する分岐手段と、信号光の断状態を検知する受光部と、その検知信号によって光源5を制御する制御手段を備える。しかし、無信号状態が数十ミリ秒程度以下の場合、光信号の断状態検知してから光源5からの光が光増幅媒体1に達するまでの間に、信号光が再び入射し有害な光サージを発生させてしまうことがある。このため、光源5を常時発光させ、光増幅媒体1に導入させておくことが望ましい。

【0031】光源5からの光により励起エネルギーが消費される分は、前述のように必要に応じて励起光のパワーを大きく設定して対応する。

【0032】図5に他の光増幅器の構成例を示す。光増幅媒体1はエルビウムを添加した光ファイバである。エルビウムを励起する励起光は1.48ミクロンの波長であり、励起LD（レーザダイオード）モジュール4から波長多重カプラ2を介して、光増幅媒体1へ信号光出力側から常時入射している。光増幅媒体1の光信号入力側に光カプラ6が接続している。この光カプラ6は光増幅媒体1内で発生する自然放出光を分岐して取り出す。自然放出光は、およそ1.52ミクロンから1.58ミクロンの範囲の波長を有している。自然放出光は光増幅媒体1の両側から出力されるので、光増幅媒体1の光信号出力側から分岐することもできる。また、自然放出光を光信号出力側から分岐する場合、同時に分岐される信号光を光増幅媒体1に戻さないように、バンドカットフィルタや波長多重カプラを用いることが望ましい。励起光は信号光と同じ向きでもよく、反対の向きでもよい。

【0033】光カプラ6から分岐された自然放出光は、光アイソレータ9と光減衰器10を通過して、光増幅媒体1の光信号出力側に配置された光カプラ8に導かれる。光アイソレータ9は自然放出光を一方向にのみ通過させ、また光減衰器10は自然放出光の減衰量を調整する。光カプラ8は、自然放出光を合波し、波長多重カプラ2を介して再び光増幅媒体1に導入させる。

【0034】光カプラ6、8は信号光波長と自然光波長とを効率的に合分波できる波長多重カプラを使用できる。前述のように光カプラ8から自然放出光を分岐することもできる。光アイソレータ9と光減衰器10は図5と逆の配置でもよい。図5では、励起光の向きが信号光と反対であるが、波長多重カプラ2と励起LDモジュール4を励起光の向きが信号光と同じになるように配置す

ることもできる。

【0035】図5の構成では、光増幅媒体1には常に自らの放出する自然放出光が導入されている。したがって、この光増幅媒体1では、信号光が入射しない間でも自然放出光を増幅するように誘導放出が行われ励起エネルギーが消費される。このため光増幅媒体1に大きな励起エネルギーが蓄積されることなく、無信号状態の後に信号光が入射したとき、光サージの発生を抑えることができる。

【0036】図5では、自然放出光を分岐してから合波するまでの経路は光増幅媒体1に対してループを形成しているため、この経路の損失の総和を光増幅媒体1の利得より大きくしておかないとループ発振が生じることがある。本構成では光カプラ6および8の分岐損失と、光減衰器10の損失を最適化することで調整することができる。

【0037】図6に本発明の自然放出光を用いる他の構成例を示す。ここでは光カプラ8が自然放出光の分岐と合波を行う。光カプラ8にて分岐された自然放出光は、光カプラ11を通じて再び光カプラ8にて合波され、光増幅媒体1に導入される。光カプラ11は光サーキュレータを用いることもでき、通常のカプラでもよい。この構成例では、光カプラ8にて分岐した光はバンドカットフィルタ12を通過して光カプラに戻る。このフィルタ12は、分岐した光の中に含まれる信号光を光増幅媒体1に戻らないように減衰させ、他の波長の自然放出光を通過させる特性を有している。

【0038】なお、光カプラ8に波長多重カプラを用い、該カプラ8にて信号光を減衰させることもできる。この場合、バンドカットフィルタはなくともよい。

【0039】図7の構成例では、光カプラ8によって分岐した出力光のうちから、バンドカットフィルタ12により信号光を減衰させ、他の波長の自然放出光を光反射器13によって反射させる構成である。

【0040】図6、7において、光カプラ8は光増幅媒体1の信号光入力側に設置することもできる。

【0041】また図8の構成例では、光増幅媒体1の信号光出力側に波長選択型透過／反射手段である光ファイバグレーティング14を備えている。この光ファイバグレーティングは、信号光の波長を透過させ、その他の波長帯の自然放出光を反射させるように構成されている。したがって、信号光以外の自然放出光は光ファイバグレーティングによって反射され、光増幅媒体1に導入される。

【0042】この光ファイバグレーティングは光増幅媒体1の信号光入力側に設置することもできる。

【0043】図5、6、7、8に示した光増幅媒体1と波長多重カプラ2の配置を逆にし、励起光と信号光を同じ向きにすることもできる。

【0044】図5、6、7、8の構成例でも、信号光出力側（必要に応じて信号光入力側にも）には、増幅され

た信号光が他の装置や光ファイバから反射して戻ってくるのを防ぐため光アイソレータ3を設けることが望ましい。

【0045】上述の光増幅媒体1であるエルビウムを添加した光ファイバにおいて、エルビウムを励起する励起光の波長は1.48ミクロンの他に0.98ミクロンや0.8ミクロンなどが可能である。また光増幅媒体1となる光ファイバに添加する希土類元素としては、ネオジム(Nd)やプラセオジム(Pr)などがある。ネオジムの場合は励起光の波長として0.8ミクロン、0.87ミクロンがあり、信号光の波長入1と光源5の波長入2は1.06ミクロン、および1.32ミクロン帯から、図1から図4までの構成に応じて同一または異なる波長を選択できる。またプラセオジムの場合は励起光の波長として1.017ミクロンを用い、信号光の波長入1と光源5の波長入2は1.3ミクロン帯(ほぼ1.27から1.35ミクロンの範囲)から、やはり図1から図8の構成に応じて同一または異なる波長を選択できる。

【0046】本実施例の光カプラ6はハーフミラーを用いた波長多重カプラ、またはファイバ融着タイプのカプラなどが使用できる。また光サーチュレータなどの方向性結合器を使用することもできる。

【0047】光フィルタ7は干渉膜フィルタ、ファイバ融着型フィルタ、回折格子を用いたタイプが使用できる。光アイソレータはYIGファラデー回転子と偏光子とを組み合わせたものなどが使用できる。

【0048】光ファイバグレーティングはファイバのコアに周期的に屈折率変化を与えた回折格子であり、特定の波長帯を反射させるフィルタとして使用できる。作製は、酸化ゲルマニウムを添加したコアにホログラフィック干渉法により紫外光を照射することにより行う。

【0049】光源5や励起LD4には分布帰還型半導体レーザなど公知のレーザダイオードが使用できる。

#### 【0050】

【発明の効果】以上のように、本発明では、信号光とは

別に、光増幅媒体において誘導放出を生じさせる光を光増幅媒体に導入し、無信号状態の間に大きな励起エネルギーが光増幅媒体に蓄積しないようにしたため、光サイジの発生を有效地に防止することができ、光増幅器を構成する部品や各種装置に損傷を与えることがない。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光増幅器の第1の実施例を示す構成図。

【図2】本発明の光増幅器の第2の実施例を示す構成図。

【図3】本発明の光増幅器の第3の実施例を示す構成図。

【図4】本発明の光増幅器の第4の実施例を示す構成図。

【図5】本発明の光増幅器の第5の実施例を示す構成図。

【図6】本発明の光増幅器の第6の実施例を示す構成図。

【図7】本発明の光増幅器の第7の実施例を示す構成図。

【図8】本発明の光増幅器の第8の実施例を示す構成図。

【図9】従来の光増幅器の例を示す構成図。

#### 【符号の説明】

1 光増幅媒体

2 波長多重カプラ

3、9 光アイソレータ

4 励起LDモジュール

5 光源

6、8、11 光カプラ

7 光フィルタ

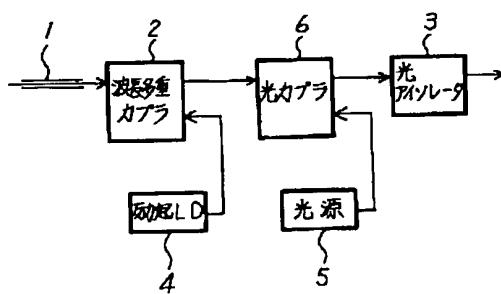
10 光減衰器

12 光バンドカットフィルタ

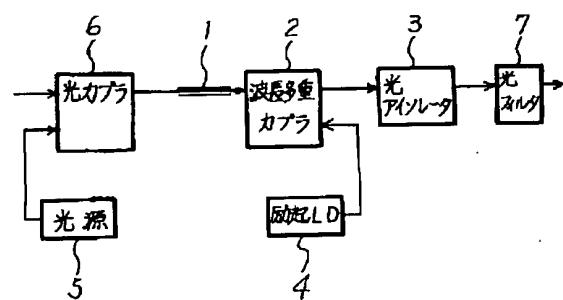
13 光反射器

14 光ファイバグレーティング

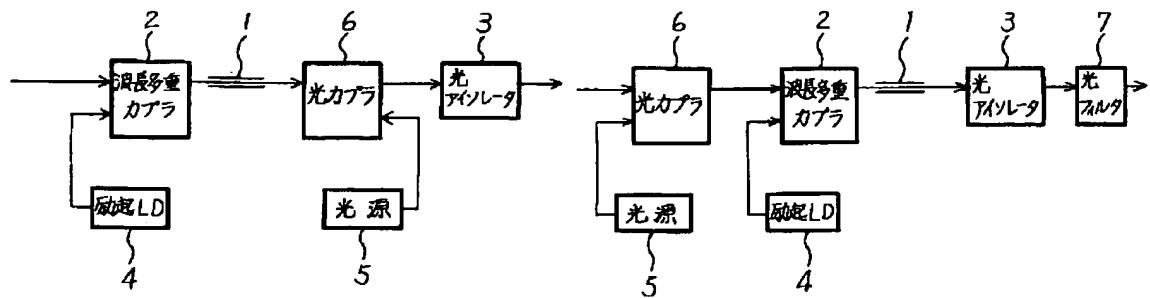
【図1】



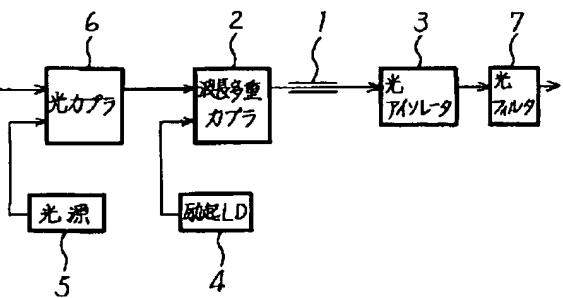
【図2】



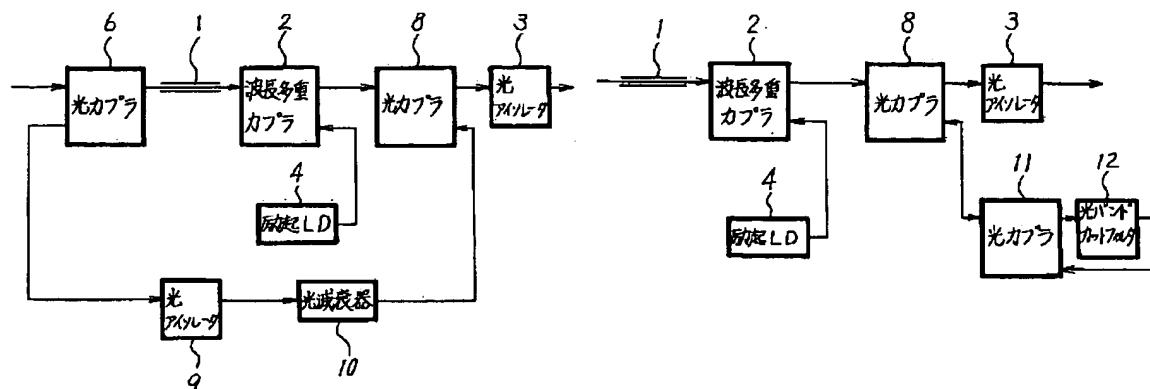
【図3】



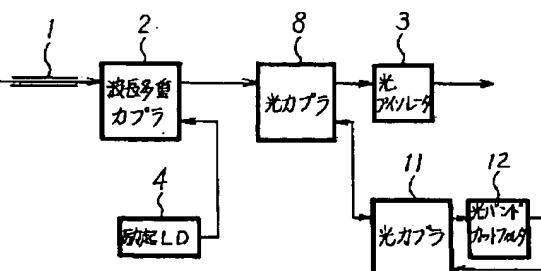
【図4】



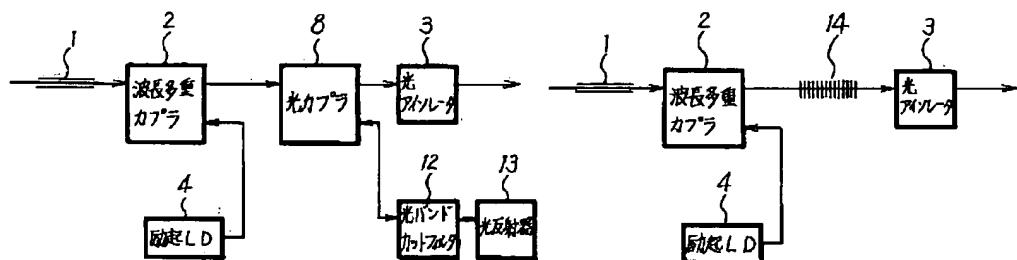
【図5】



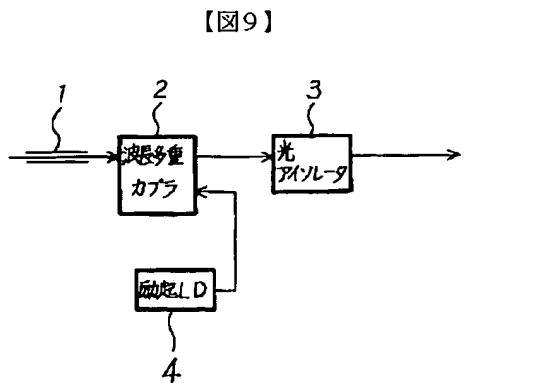
【図6】



【図7】



【図8】



This Page Blank (uspto)